

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 18500

(54) Procédé pour la mise en œuvre d'un interféromètre en anneau comme détecteur de rotation.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 C 19/64; G 01 P 13/00; H 01 S 3/083.

(22) Date de dépôt..... 26 août 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 7 septembre 1979, demande de brevet, n° P 29 36 248.9, au nom de la demanderesse.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 12 du 20-3-1981.

(71) Déposant : Société dite : SIEMENS AG, résidant en RFA.

(72) Invention de : Gerhard Schiffner.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Flechner,
63, av. des Champs-Élysées, 75008 Paris.

La présente invention concerne un procédé pour la mise en oeuvre d'un interféromètre en anneau comme détecteur de rotation, ledit interféromètre en anneau comportant un guide d'onde de lumière muni de deux points de couplage au niveau desquels peut être injectée, dans le guide d'onde de lumière, la lumière qui se propage dans ledit guide d'onde en direction de l'autre point de couplage et peut en être à nouveau extraite par découplage à cet endroit, et selon lequel des lumières extraites par découplage au niveau des deux points de couplage sont envoyées, en étant superposées, au moins à une surface réceptrice de lumière, tandis que l'on mesure, comme mesure de la vitesse angulaire, l'intensité lumineuse intégrale des lumières superposées et tombant sur la surface réceptrice de lumière, qui varie avec la vitesse de la lumière en raison de différences de temps de propagation non réciproques, dépendant de la vitesse angulaire, provoquées par l'effet Sagnac, dans le guide d'onde de lumière.

Des procédés du type indiqué plus haut sont utilisés pour la détection de rotations et pour la mesure de leur vitesse angulaire. Ils utilisent l'effet Sagnac relativiste qui provoque des différences de temps de propagation non réciproques qui sont proportionnelles à la vitesse angulaire. L'effet Sagnac agit pour tous les états de polarisation de la lumière. On mesure des différences de temps de propagation et par conséquent la vitesse angulaire au moyen de l'intensité intégrale sur la surface réceptrice de lumière. Cependant, l'intensité lumineuse est une fonction variant périodiquement des différences de temps de propagation et par conséquent de la vitesse angulaire, de sorte qu'à une valeur d'intensité ne peut pas être associée de façon univoque une vitesse angulaire.

De ce fait, une rotation ou sa vitesse angulaire ne peut plus être détectée de façon sûre.

5 La présente invention a donc pour but d'indiquer un procédé du type mentionné plus haut, à l'aide duquel on peut mesurer de façon univoque et sûre des vitesses angulaires de rotation.

10 Ce problème est résolu grâce au fait que des différences de temps de propagation non réciproques supplémentaires sont produites par l'effet Faraday dans le guide d'onde de lumière, de telle manière qu'elles s'opposent aux différences de temps de propagation provoquées par l'effet Sagnac, une lumière polarisée circulairement étant à cet effet injectée par couplage sur les deux côtés dans le guide d'onde de lumière.

15 Dans le cas de l'effet Faraday, comme cela est connu, les différences de temps de propagation non réciproques sont produites dans le guide d'onde de lumière au moyen d'un champ magnétique et sont une fonction de l'intensité du champ magnétique suivant la direction
20 longitudinale du guide d'onde de lumière. Etant donné que l'effet Faraday au sens indiqué plus haut n'agit, comme cela est connu, qu'avec une lumière polarisée circulairement, dans le cas de cette solution il faut nécessairement utiliser une lumière polarisée circulairement.
25 Cette solution permet d'empêcher que l'intensité lumineuse intégrale n'interfère d'une période dans une autre. Ceci est réalisé au moyen d'une commande antagoniste en temps opportun à l'aide de l'effet Faraday. La valeur de l'intensité de champ magnétique utilisée
30 pour ce faire correspond à une valeur précise de la vitesse angulaire.

Il est alors particulièrement approprié que les différences de temps de propagation provoquées par l'effet Faraday soient réglées de telle manière qu'elles
35 compensent des différences de temps de propagation pro-

voquées par l'effet Sagnac, c'est-à-dire que l'intensité intégrale reste constante. Ceci présente l'avantage consistant en ce que la valeur, utilisée pour la compensation, de l'intensité de champ magnétique est une mesure directe de la vitesse angulaire.

Pour obtenir les différences de temps de propagation provoquées par l'effet Faraday, il est avantageux qu'une zone intérieure entourée par un guide d'onde de lumière bobiné soit parcouru par un courant électrique commandé. Ce courant produit un champ magnétique rotationnel et est une mesure univoque de l'intensité de champ magnétique. Ceci présente l'avantage que la valeur de la vitesse angulaire peut être mesurée de façon univoque sous la forme d'un courant.

Avec le procédé proposé on peut mesurer de façon univoque des valeurs de vitesses angulaires sur plusieurs périodes de l'intensité lumineuse à variation périodique, avec une plage dynamique élevée. Toutefois, on ne peut pas déterminer le signe d'une rotation étant donné que l'intensité intégrale dépend, selon une fonction sinusoïdale quadratique, de la vitesse angulaire. Afin de pouvoir déterminer également, avec le procédé proposé, le signe de la vitesse angulaire, c'est-à-dire le sens de la rotation, on imprime, de façon appropriée, un déphasage non réciproque et variant périodiquement, à une lumière qui est envoyée à travers le guide d'onde de lumière à la surface réceptrice de lumière, puis, on fait en sorte que l'intensité intégrale sur la surface réceptrice de lumière soit transformée en un signal électrique correspondant, après quoi ce signal électrique est envoyé à une entrée d'un redresseur sensible à la phase, qui est synchronisé avec un signal, variant périodiquement et qui correspond au déphasage variant périodiquement. Le signal délivré par le redresseur sensible à la phase contient l'information relative à la valeur de la vitesse

angulaire et à son signe.

5 Si le signal délivré par le redresseur sensible à la phase est intégré, on obtient un signal qui, pour de faibles vitesses angulaires, est proportionnel à la vitesse angulaire. Avec cette variante particulièrement
avantageuse, on obtient donc non seulement une sensibilité du point de vue du signe, mais également une linéarisation.

10 Le déphasage non réciproque variant périodiquement peut être appliqué au moyen de l'effet Sagnac par des secousses périodiques appliquées au guide d'onde de lumière ou au moyen de l'effet Faraday par un champ magnétique variant périodiquement.

15 Souvent il apparaît des altérations des valeurs de mesure par suite de variations de la puissance de la source de lumière, en général un laser, ou bien par suite de différents affaiblissements variables dans le guide d'onde de lumière. De telles altérations de la valeur de mesure peuvent être évitées au moyen d'une
20 variante avantageuse du procédé proposé. Dans le cas de cette variante il est proposé qu'une partie de la lumière extraite par découplage au niveau d'un point de couplage et une partie de la lumière extraite par découplage au niveau de l'autre point de couplage soient
25 envoyées, en étant superposées, à la surface réceptrice de lumière, qu'une autre partie de la lumière extraite par découplage au niveau d'un point de couplage et une autre partie de la lumière extraite par découplage au niveau de l'autre point de couplage soient envoyées,
30 en étant superposées, à une autre surface réceptrice de lumière, que les intensités intégrales obtenues à partir des deux surfaces réceptrices de lumière soient transformées en des signaux électriques correspondants et que ces signaux soient envoyés à un dispositif for-
35 mateur de quotient, qui délivre, à une sortie, un signal

électrique correspondant au quotient des deux signaux introduits. Dans le cas de cette formation de quotient, une variation de puissance de la source de lumière ou différents affaiblissements ou variations d'affaiblissement sont supprimés. Il est particulièrement approprié d'associer le procédé consistant à appliquer un déphasage non réciproque à la formation d'un quotient. A cet effet le signal délivré à la sortie du dispositif formateur de quotient est simplement envoyée à l'entrée du redresseur sensible à la phase. Ce procédé réunit en soi tous les avantages indiqués précédemment lorsque le signal délivré par le redresseur sensible à la phase est encore intégré. Le signal provenant de l'intégrateur est, pour de faibles vitesses angulaires, une fonction linéaire de la vitesse angulaire; dépend du signe et est indépendant de variations de puissance de la source de lumière ou d'affaiblissements variables dans le guide d'onde de lumière.

A titre d'exemple on a décrit ci-dessous et illustré schématiquement au dessin annexé un mode d'exécution du procédé selon l'invention.

La figure représente schématiquement la constitution d'un interféromètre en anneau que l'on peut faire fonctionner comme détecteur de rotation dans tous les modes opératoires proposés.

L'interféromètre en anneau représenté sur la figure est constitué, comme cela est connu, par une source de lumière laser 5, par deux miroirs semitransparents 3 et 2, par deux polariseurs linéaires 61 et 61', par deux systèmes optiques 7 et 7', par le guide d'onde de lumière 1 bobiné et possédant les deux extrémités 11 et 11' servant de points de couplage et par deux surfaces réceptrices de lumière 41 et 41', qui peuvent être les surfaces photosen-

sibles de détecteurs photosensibles 17 et 17'.

La source de lumière 5 envoie, suivant la direction R, le faisceau de rayonnement laser 52 qui rencontre tout d'abord le miroir semitransparent 3 incliné par rapport audit faisceau sous un angle de par exemple 45° . Le miroir 3 réfléchit suivant une direction perpendiculaire une partie de la lumière laser en tant que faisceau de rayonnement partiel 53, qui tombe sur un absorbeur de lumière 18. Le faisceau de rayonnement laser 50 affaibli, qui a traversé le miroir 3, tombe sur le miroir semitransparent 2 incliné également par rapport audit faisceau d'un angle de 45° et qui réfléchit, comme le miroir 3, une partie de la lumière sous la forme d'un faisceau de rayonnement partiel 51, perpendiculairement par rapport à la direction R, tandis que l'autre partie de la lumière traverse le miroir et se propage, après ce dernier, sous la forme d'un faisceau de rayonnement lumineux 51' suivant la direction R. Sur le trajet du faisceau de rayonnement partiel transmis et du faisceau de rayonnement partiel réfléchi sont disposés les polariseurs linéaires 61' et 61, les systèmes optiques 7' et 7 et les extrémités 11' et 11 du guide d'onde de lumière. Le système optique 7' ou 7 focalise le faisceau de rayonnement partiel considéré 51' ou 51 sur l'extrémité considérée 11' ou 11 du guide d'onde de lumière 1 et sert à l'injection par couplage de la lumière polarisée dans le guide d'onde 1.

La lumière injectée par couplage au niveau d'une extrémité 11' ou 11 dans le guide d'onde de lumière 1 parcourt ce dernier et est à nouveau extraite par découplage à l'autre extrémité 11 ou 11' et est focalisée par le système optique 7 ou 7'. Le faisceau de rayonnement lumineux focalisé 110', extrait par découplage à l'extrémité 11, est dirigé essentiellement

5 en sens inverse du faisceau de rayonnement partiel incident 51 et rencontre le miroir semitransparent 2 sur l'une de ses faces. Le faisceau de rayonnement lumineux focalisé 110, extrait par découplage au niveau de l'extrémité 11', est dirigé essentiellement en sens opposé du faisceau de rayonnement lumineux 51' et rencontre l'autre face du miroir 2.

10 Une partie du faisceau de rayonnement lumineux extrait par découplage 110' traverse le miroir 2 et se propage, derrière ce dernier, suivant la même direction que précédemment, tandis que la partie restante du rayonnement est réfléchie suivant une direction opposée à la direction R par le miroir 2. Il en va de même pour le faisceau de rayonnement lumineux 15 110 extrait par découplage. Une partie de ce faisceau traverse le miroir 2 et se propage, derrière ce dernier, suivant la même direction que précédemment, tandis que la partie restante du faisceau est réfléchie suivant la direction du faisceau de rayonnement lumineux 20 extrait par découplage 110. Par conséquent, à partir d'une face du miroir 2 se propage, suivant la direction opposée à la direction R, un faisceau de rayonnement lumineux 111', dans lequel la partie, qui a traversé le miroir 2, du faisceau de rayonnement lumineux 25 extrait par découplage 110 et la partie réfléchie du faisceau de rayonnement lumineux extrait par découplage 110' sont superposées. A partir de l'autre face du miroir 2 part un faisceau de rayonnement lumineux 111 dans lequel la partie transmise du faisceau 30 de rayonnement lumineux extrait par découplage 110' et la partie réfléchie du faisceau de rayonnement lumineux extrait par découplage 110 sont superposées.

35 Sur le trajet du faisceau de rayonnement lumineux 111 se trouve disposée la surface réceptrice de lumière 41. Le faisceau de rayonnement lumineux 111' tom-

be sur le miroir semitransparent 3 qui réfléchit une partie 111 " de ce faisceau de rayonnement lumineux. Sur le trajet de ce faisceau de rayonnement lumineux 111" réfléchi se trouve disposée l'autre surface ré-
5 ceptrice de lumière 41'. On notera que la somme de l'intensité lumineuse intégrale dans le faisceau de rayonnement lumineux 111 et de l'intensité intégrale dans le faisceau de rayonnement lumineux 111' est constante.

10 Jusqu'à présent on a décrit un interféromètre en anneau connu qui peut être exploité en tant que détecteur de rotation . Une rotation du guide d'onde de lumière provoque dans ce dernier des différences de
15 temps de propagation non réciproques qui sont connues sous le nom d'effets Sagnac. Ces différences de temps de propagation sont, comme cela a déjà été mentionné, proportionnelles à la vitesse angulaire. L'intensité intégrale de la lumière rencontrant la surface récep-
20 trice de lumière 41 ou 41' est, à l'intérieur d'une partie déterminée d'une période, une mesure univoque de la vitesse angulaire. Etant donné que, comme cela a déjà été mentionné, cette intensité intégrale est une fonction périodique de la vitesse angulaire, on ne
25 peut plus déterminer cette dernière de façon univoque lorsqu'elle varie par exemple sur plusieurs périodes.

L'invention propose de supprimer ce défaut en produisant au moyen de l'effet Faraday, dans le guide d'onde de lumière, de préférence une fibre de verre
30 quartzes, des différences de temps de propagation non réciproques supplémentaires de telle manière que ces différences s'opposent aux différences de temps de propagation provoquées par l'effet Sagnac, une lumière polarisée circulairement étant injectée par couplage à cet effet sur les deux côtés dans le guide d'onde
35 de lumière.

Pour produire la lumière polarisée circulairement nécessaire pour l'effet Faraday, il est prévu, dans l'exemple de réalisation représenté sur la figure, deux plaquettes quart d'onde $\lambda/4$ 62' et 62. La

5 plaquette 62' est disposée entre le polariseur linéaire 61 et le système optique 7' sur le trajet du faisceau de rayonnement lumineux 51' devant être injecté par couplage, tandis que la plaquette 62 est disposée entre le polariseur linéaire 61 et le système optique 7

10 sur le trajet du faisceau de rayonnement lumineux 51 devant être injecté par couplage. Chaque plaquette transforme la lumière polarisée linéairement, qui arrive du polariseur linéaire associé, en une lumière polarisée circulairement. Ceci constitue une méthode

15 simple et efficace pour produire dans un interféromètre en anneau connu une lumière polarisée circulairement devant être injectée par couplage.

Pour produire les différences de temps de propagation au moyen de l'effet Faraday, il est prévu la

20 bobine 8 qui entoure le guide d'onde de lumière bobiné. Ce qui est important pour l'effet Faraday c'est de produire dans le guide d'onde de lumière 1 un

25 champ magnétique pour lequel l'intégrale curviligne $\int \vec{H} \cdot d\vec{s}$ prise suivant le guide d'onde de lumière d'une extrémité à l'autre ne s'annule pas. \vec{H} désigne le vecteur de l'intensité de champ magnétique et $d\vec{s}$ désigné un élément différentiel du guide d'onde. Une

30 méthode simple et commode pour satisfaire cette fonction consiste à faire passer un courant commandé I dans la zone intérieure 10 entourée par le guide d'onde de lumière bobiné 1. Ceci peut être réalisé par exemple très facilement en faisant passer une ou plusieurs fois dans un sens la zone intérieure 10 par un

35 conducteur électrique relié à un circuit de commande électrique. Le circuit de commande électrique commande

le courant circulant dans le conducteur électrique.

5 Dans l'exemple de réalisation, un tel conducteur électrique est formé par la bobine 8 et le circuit de commande est formé par un régulateur 12. Le régulateur 12 commande le courant i circulant dans la bobine et le produit formé par le nombre de spires de la bobine et par ce courant i fournit le courant effectif I qui traverse la zone intérieure 10.

10 Le régulateur 12 est, dans l'exemple de réalisation, une mémoire fixe à laquelle le signal de sortie du dispositif d'exploitation 14, 15, 16 décrit ci-après est envoyé en tant que grandeur de réglage, c'est-à-dire en tant que valeur réelle. De façon appropriée, la valeur fixe de la mémoire formant régulateur est
15 choisie de telle manière qu'elle compense de façon permanente les différences de temps de propagation, produites lors de leur adaptation par l'effet Sagnac, au moyen de l'effet Faraday. Les mémoires fixes sont connues d'une manière générale. Grâce à ces dispositions et en particulier grâce à la dernière disposition prise, on peut mesurer commodément, sur plusieurs périodes, la vitesse angulaire d'un mouvement de rotation. Le courant
20 i qui doit circuler dans la bobine 8 et qui est très facile à mesurer, représente une mesure commode de la vitesse angulaire.
25

Lors de l'évaluation des signaux produits par les détecteurs photosensibles 17 et 17', il faut veiller à ce que, également, le signe de la rotation puisse être déterminé. L'invention propose à cet effet d'appliquer à la lumière guidée dans le guide d'onde de
30 lumière, un déphasage non réciproque variant périodiquement et d'envoyer le signal électrique, produit par un ou par le détecteur photosensible et proportionnel à l'intensité intégrale sur la surface réceptrice 41 ou
35 41', à une entrée 151 d'un redresseur 15 sensible à

la phase, qui est synchronisé par un signal variant périodiquement qui correspond au déphasage variant périodiquement.

5 Le déphasage variant périodiquement peut être appliqué au moyen de l'effet Sagnac par des secousses périodiques correspondant du guide d'onde de lumière ou au moyen de l'effet Faraday par un champ magnétique variant périodiquement.

10 Dans l'exemple de réalisation de la figure, c'est cette dernière disposition qui est mise en oeuvre. A cet effet il est prévu une bobine 9 qui entoure, tout comme la bobine 8, le guide d'onde de lumière bobiné 1. Cette bobine est reliée à un géné-
 15 rateur de courant alternatif 13, qui envoie dans la bobine un courant $i_w = i_{w0} \cos \omega t$. Au lieu de la bobine 9 on pourrait également utiliser la bobine 8 raccordée au régulateur. Dans la bobine 8, le courant i_w serait superposé au courant i . Sur le générateur de courant alternatif 13 est prélevée une tension al-
 20 ternative $U_w = U_{w0} \cos \omega t$, qui est envoyée, en tant que signal de cadence, au redresseur 15 sensible à la phase. A une sortie 152 du redresseur sensible à la phase est raccordé un intégrateur dont la tension de
 25 sortie U_a est proportionnelle à la vitesse angulaire de la rotation. U_a devient nulle lorsque l'effet Sagnac est compensé exactement au moyen de l'effet Faraday. Dans ce cas le courant i traversant la bobine 8 est une mesure de la vitesse angulaire.

30 De ce fait, outre l'avantage de pouvoir mesurer la vitesse angulaire sur plusieurs périodes, on obtient l'avantage supplémentaire d'une linéarisation, et le sens de la rotation peut être identifié à partir du signal de mesure. Il est étonnant de constater que l'on obtient, moyennant une si faible dépense, ces
 35 avantages cependant importants.

Toutefois, il peut encore apparaître des mesures erronées du fait que la source de lumière utilisée délivre des puissances lumineuses variables ou bien que l'affaiblissement change dans le guide d'onde de lumière. Afin de résoudre ces problèmes, l'invention prévoit que les signaux électriques soient envoyés à partir des deux détecteurs photosensibles 17 et 17' à un dispositif formateur de quotient 14, qui délivre à une sortie 141 un signal électrique qui correspond au quotient des deux signaux introduits. Grâce à cette disposition, également étonnamment simple, on obtient le fait que les causes indiquées pour l'altération ou la falsification du signal de mesure s'éliminent. Ceci repose essentiellement sur le fait que les causes indiquées agissent de la même façon sur les faisceaux de rayonnement partiel 51 et 51' produits par le miroir semitransparent 2. Précisément dans ce cas il est particulièrement approprié que le miroir semitransparent 2 possède un pouvoir réfléchissant ou un pouvoir de transmission de 50%.

Alors que seule une source réceptrice de lumière est nécessaire en principe dans les autres procédés proposés, dans le cas de ce procédé de la formation du quotient, deux sources réceptrices de lumière sont nécessaires dans des trajets de rayonnement différents 101 et 101'.

Ce dernier procédé peut être combiné aisément aux autres procédés proposés lorsque le signal délivré à la sortie 141 du dispositif formateur de quotient 14 est envoyé à l'entrée 151 du redresseur 15 sensible à la phase.

L'invention fournit en outre la possibilité de mesurer à l'aide d'un interféromètre en anneau, des rotations sur plusieurs périodes, de produire un signal dépendant du sens de rotation et

proportionnel à la vitesse angulaire de la rotation et qui n'est entaché d'aucune erreur de valeur de mesure, dont les causes soient un affaiblissement variable dans le guide d'onde de lumière 1 ou une émission de puissance variable de la source de lumière.

Au lieu d'un miroir semitransparent 2 ou 3 on pourrait également utiliser des coupleurs optiques directionnels, comme cela a déjà été proposé dans une demande de brevet allemand antérieure déposée sous le numéro P 28 04 119.2.

Comme redresseur sensible à la phase comportant un intégrateur on peut utiliser par exemple l'appareil "Precision Lock-in Amplifier" 9503 D, fabriqué par la société Brookdeal Electronics Ltd, Doncastle Road, Bracknell RG12 4PG, Berckshire, Angleterre. La "Signal Input A" (entrée des signaux A) de l'appareil correspond à l'entrée des signaux 151, tandis que la "Reference Input" (entrée de référence) correspond à l'entrée de référence par l'intermédiaire de laquelle l'appareil est synchronisé, et que la douille "Output" (sortie) correspond à la sortie pour la tension U_a .

REVENDICATIONS

1) Procédé pour la mise en oeuvre d'un interféromètre en anneau comme détecteur de rotation, ledit interféromètre en anneau comportant un guide d'onde de lumière muni de deux points de couplage au niveau desquels peut être injectée, dans le guide d'onde de lumière, la lumière qui se propage dans ledit guide d'onde en direction de l'autre point de couplage et peut en être à nouveau extraite par découplage à cet endroit, et selon lequel des lumières extraites par découplage au niveau des deux points de couplage sont envoyées, en étant superposées, au moins à une surface réceptrice de lumière, tandis que l'on mesure, comme mesure de la vitesse angulaire, l'intensité lumineuse intégrale des lumières superposées et tombant sur la surface réceptrice de lumière, qui varie avec la vitesse de la lumière en raison de différences de temps de propagation non réciproques, dépendant de la vitesse angulaire, provoquées par l'effet Sagnac, dans le guide d'onde de lumière, caractérisé par le fait que des différences de temps de propagation non réciproques supplémentaires sont produites au moyen de l'effet Faraday dans le guide d'onde de lumière (1), de telle manière qu'il s'oppose aux différences de temps de propagation provoquées par l'effet Sagnac, une lumière polarisée circulairement étant injectée par couplage à cet effet des deux côtés dans le guide d'onde de lumière (1).

2) Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les différences de temps de propagation provoquées par l'effet Faraday sont réglées de telle manière qu'elles comprennent des différences de temps de propagation provoquées par l'effet Sagnac de telle sorte que l'intensité intégrale reste par conséquent constante.

- 3) Procédé suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'en vue de l'obtention des différences de temps de propagation provoquées par l'effet Faraday, une zone intérieure (10), entourée par un guide d'onde de lumière bobiné, est parcourue par un courant électrique commandé (I).
- 4) Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'un déphasage non réciproque variant périodiquement est appliqué à une lumière qui est envoyée à travers le guide d'onde de lumière (1) à la surface réceptrice de lumière (41 ou 41'), que l'intensité intégrale sur la surface réceptrice de lumière (41, 41') est transformée en un signal électrique correspondant et que ce signal électrique est envoyé à une entrée d'un redresseur (15) sensible à la phase et qui est synchronisé avec un signal (U_w) variant périodiquement et qui correspond au déphasage variant périodiquement.
- 5) Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que le déphasage non réciproque variant périodiquement est appliqué au moyen de l'effet Sagnac par des secousses périodiques imprimées au guide d'onde de lumière ou au moyen de l'effet Faraday, par un champ magnétique variant périodiquement.
- 6) Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'une partie de la lumière, extraite par découplage au niveau d'un point de couplage (11 ou 11') et une partie de la lumière, extraite par découplage au niveau de l'autre point de couplage (11' ou 11), sont envoyées, en étant superposées, à la surface réceptrice de lumière (41 et 41'), qu'une autre partie de la lumière extraite par découplage au niveau d'un point de couplage (11 ou 11') et une autre partie de la lumière extraite par découplage au niveau de l'autre point de couplage

- (11' ou 11) sont envoyées, en étant superposées, à une autre surface réceptrice de lumière (41' ou 41), que les intensités intégrales obtenues à partir des deux surfaces réceptrices de lumière (41, 41') sont transformées en des signaux électriques correspondants respectifs et que ces signaux sont envoyés à un dispositif formateur de quotient (14) qui délivre à sa sortie (141) un signal électrique qui correspond à un quotient des deux signaux injectés.
- 7) Procédé suivant les revendications 4 et 6 prises dans leur ensemble, caractérisé par le fait que le signal délivré à la sortie (141) du dispositif formateur de quotient (14) est envoyé à l'entrée (151) du dispositif (15) sensible à la phase.
- 8) Procédé suivant les revendications 5 et 6 prises dans leur ensemble, caractérisé par le fait que le signal délivré à la sortie (141) du dispositif formateur de quotient (14) est envoyé à l'entrée (151) du dispositif (15) sensible à la phase .
- 9) Procédé suivant l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé par le fait qu'un signal délivré à une sortie (152) du redresseur (15) sensible à la phase est intégré.

